

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко
Радиофизический факультет

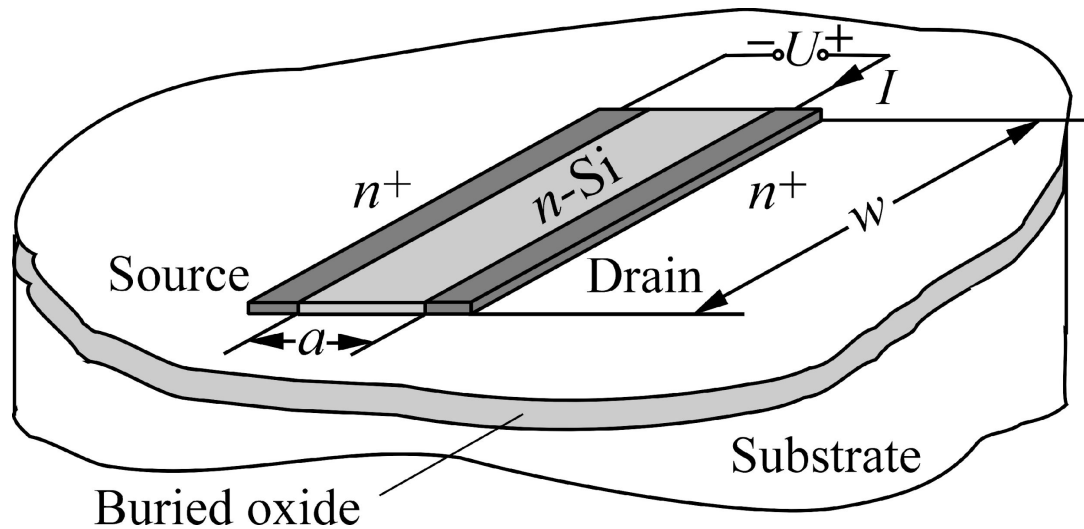


**Протекание тока экстремально большой
плотности в пленках кремния**

Л.В.Ищук, доцент, канд. физ.-мат. наук

С.П.Павлюк, зав. лаб., канд. физ.-мат. наук

КНИ структура для исследования в режиме генератора постоянного тока



$$d_{\text{Si}} = 0.4 \mu\text{m}$$

$$\mu = 1400 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$$

$$d_{\text{ox}} = 1 \mu\text{m}$$

$$n = 5 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$$

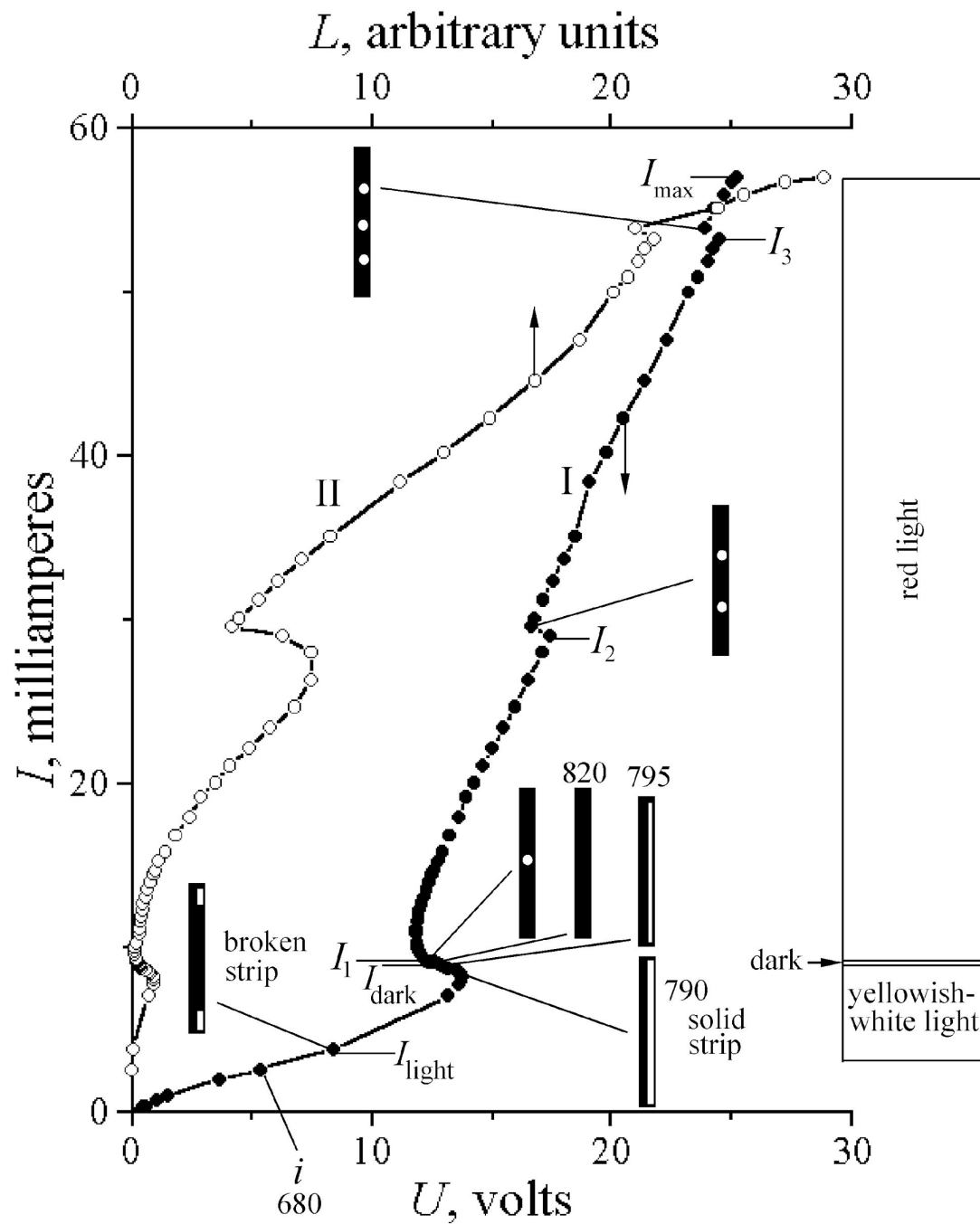
$$d_{\text{sub}} = 400 \mu\text{m}$$

$a, \mu\text{m}$	3	5	10	100
------------------	---	---	----	-----

$w, \mu\text{m}$	50	50	50	100
------------------	----	----	----	-----

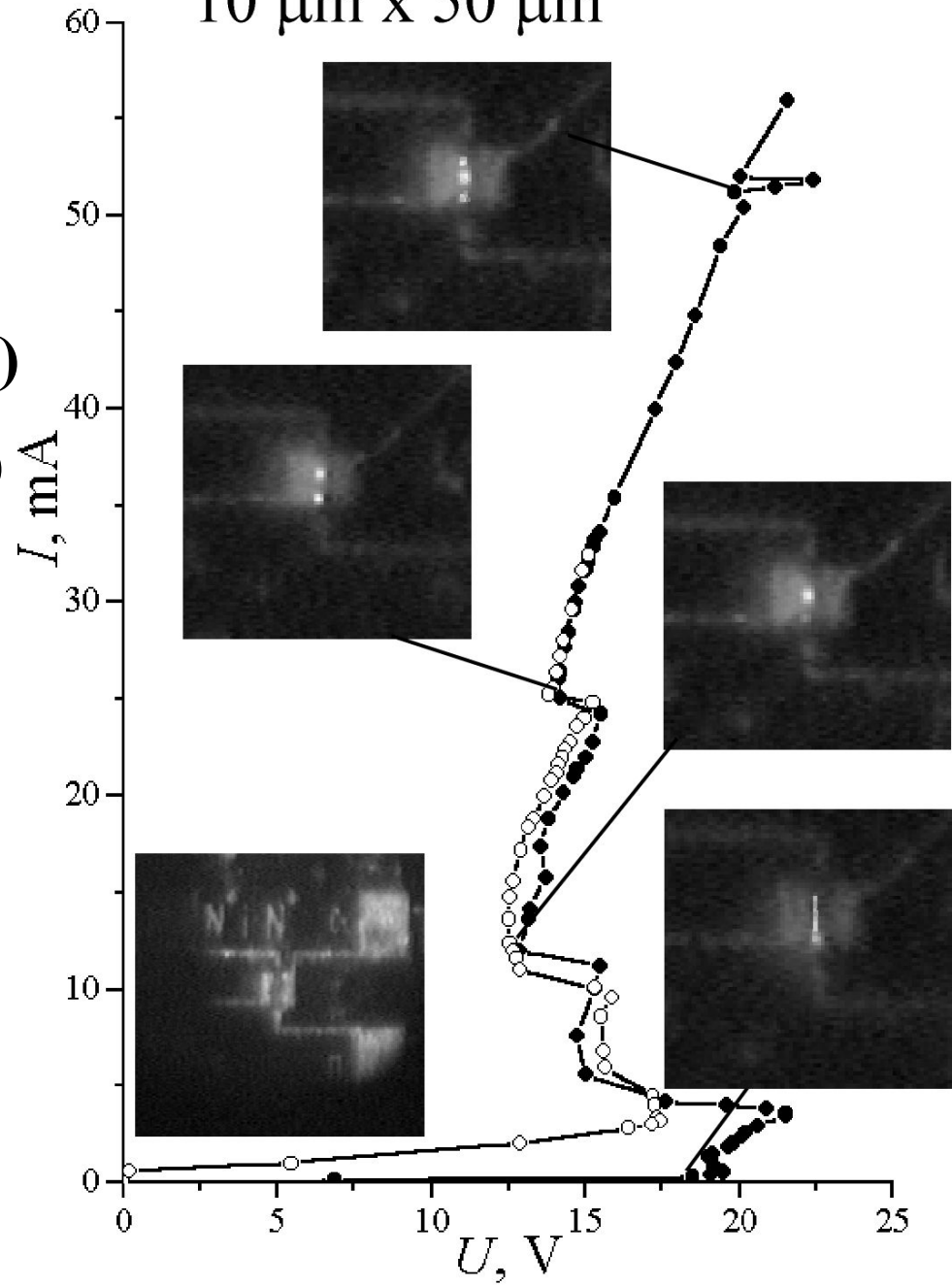
ВАХ и ЛАХ
КНИ структуры

3 μm x 50 μm

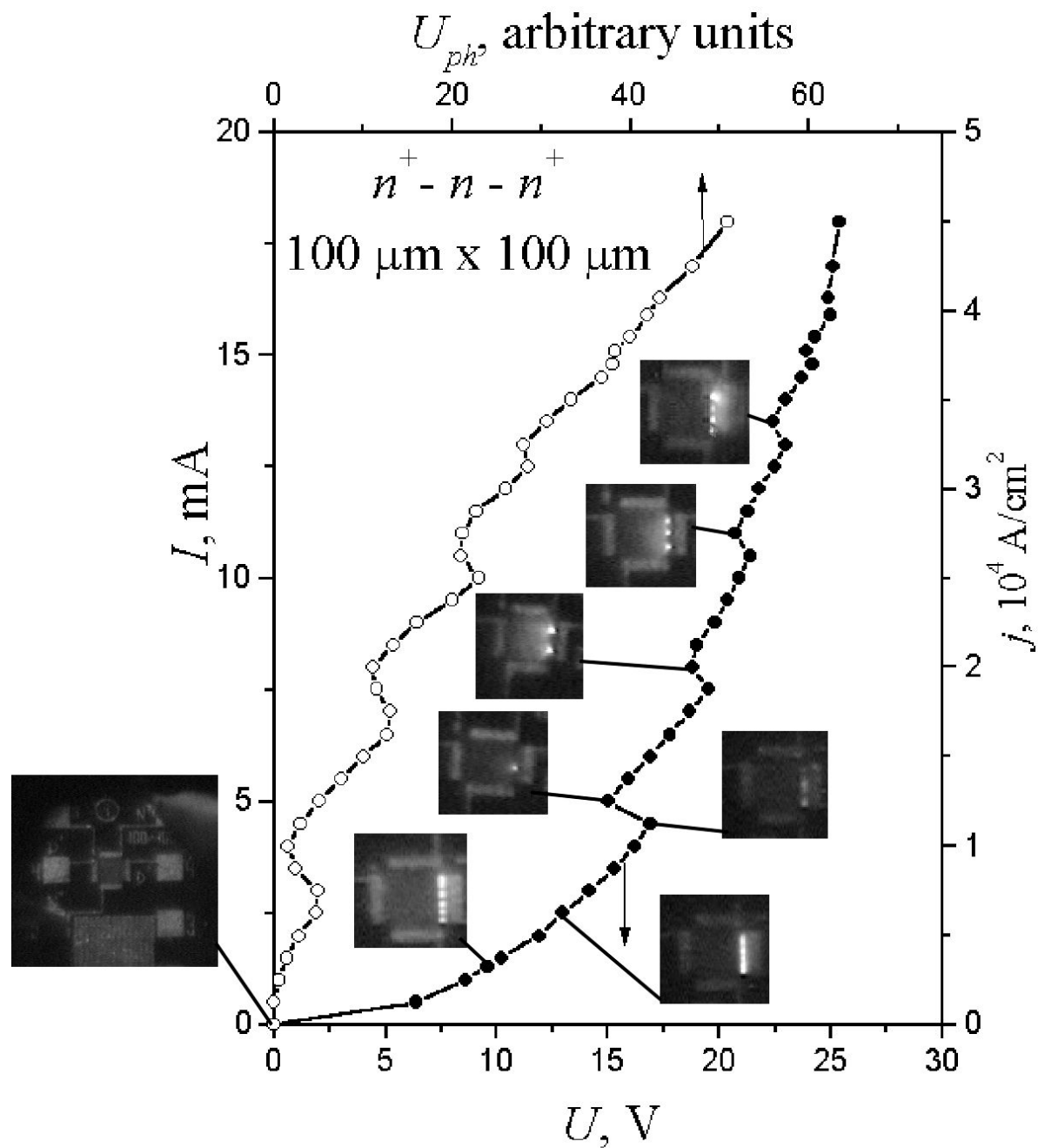


10 μm x 50 μm

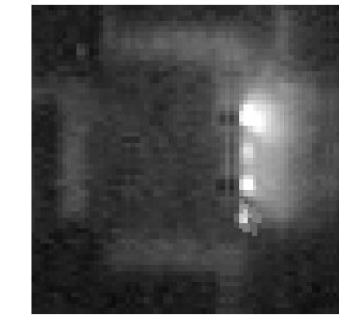
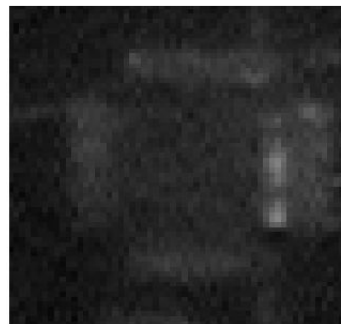
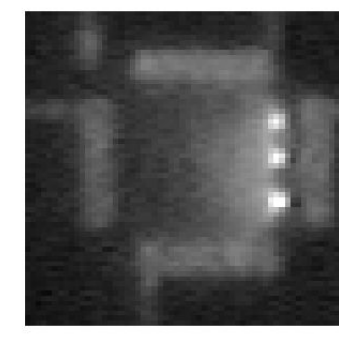
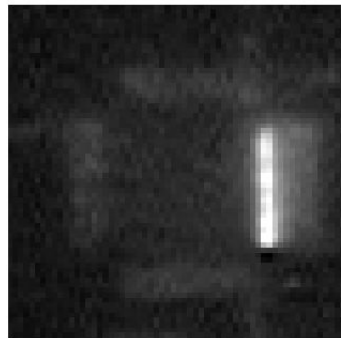
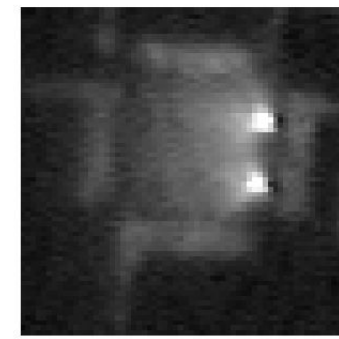
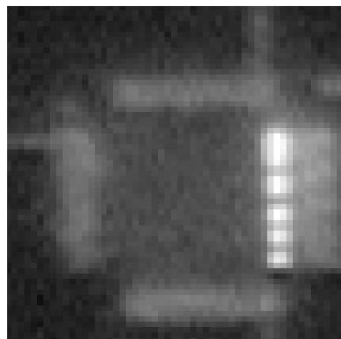
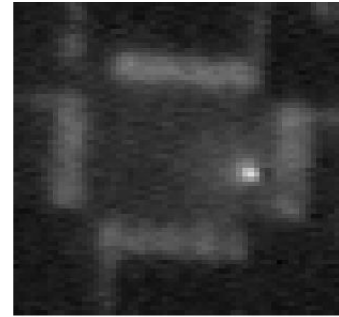
ВАХ
КНИ структуры
при увеличении (●)
и уменьшении (○)
тока



ВАХ и ЛАХ КНИ структуры

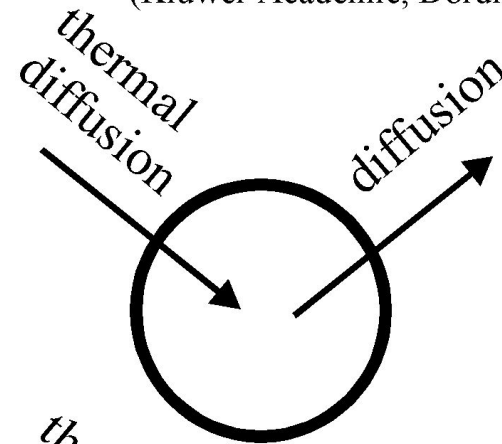


**Фотографии свечения
КНИ структуры
100 мкм x 100 мкм**

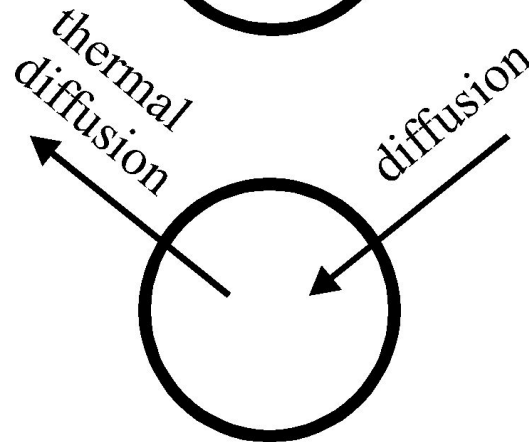


Возникновение устойчивого автосолитона

B. S. Kerner and V. V. Osipov, *Autosolitons*
(Kluwer Academic, Dordrecht, 1994).

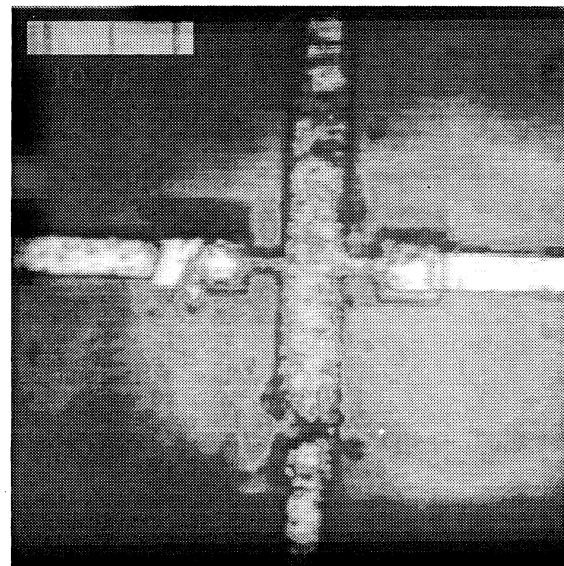
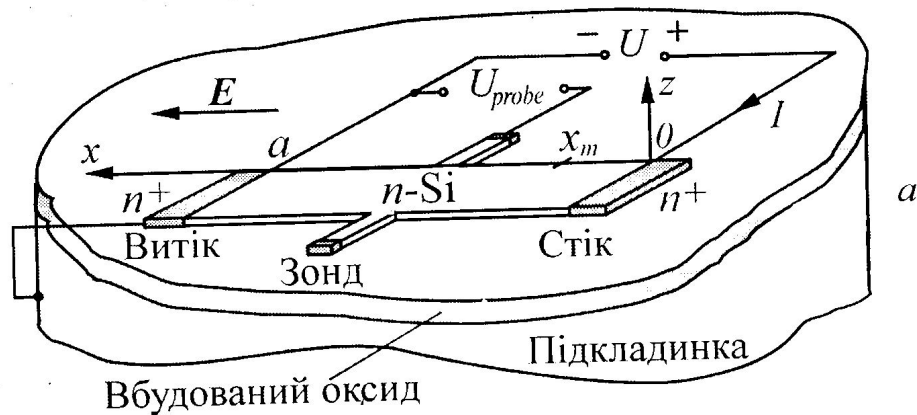


$$T_e^{\text{in}} > T_e^{\text{out}}$$
$$n^{\text{in}} < n^{\text{out}}$$



$$T_e^{\text{in}} < T_e^{\text{out}}$$
$$n^{\text{in}} > n^{\text{out}}$$

КНИ структура для исследования в режиме генератора импульсов напряжения



$$d_{\text{Si}} = 0.4 \mu\text{m}$$

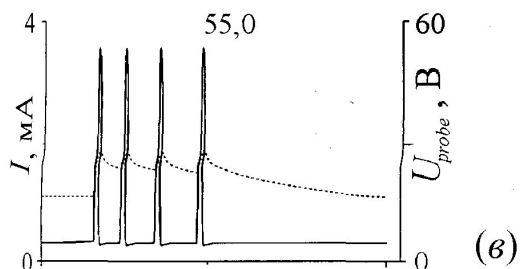
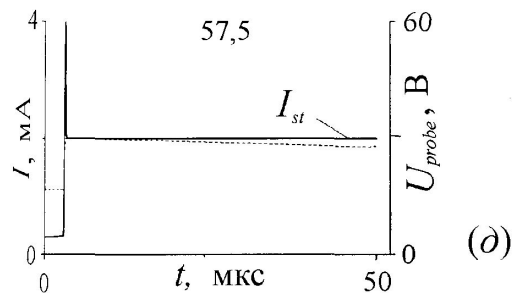
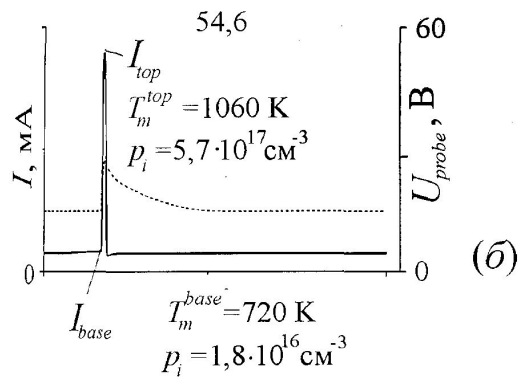
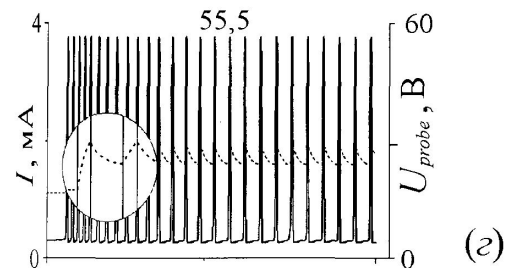
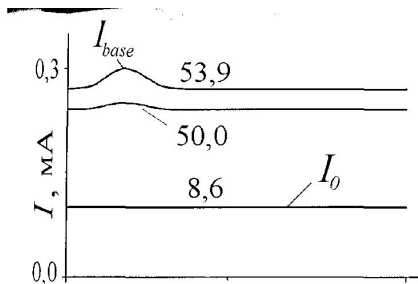
$$a = 25 \mu\text{m}$$

$$d_{\text{ox}} = 1 \mu\text{m}$$

$$w = 4 \mu\text{m}$$

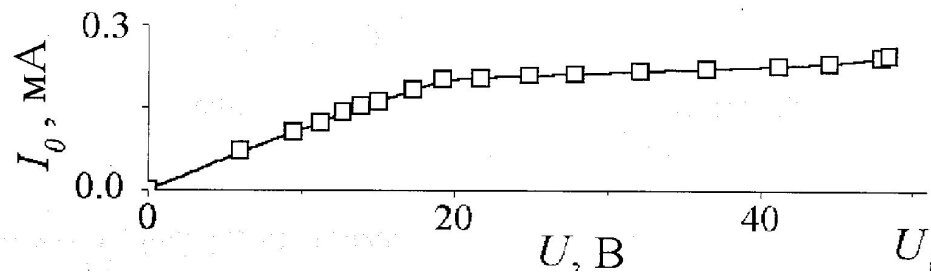
$$d_{\text{sub}} = 400 \mu\text{m}$$

Осциллограммы тока при питании КНИ структуры импульсами напряжения прямоугольной формы

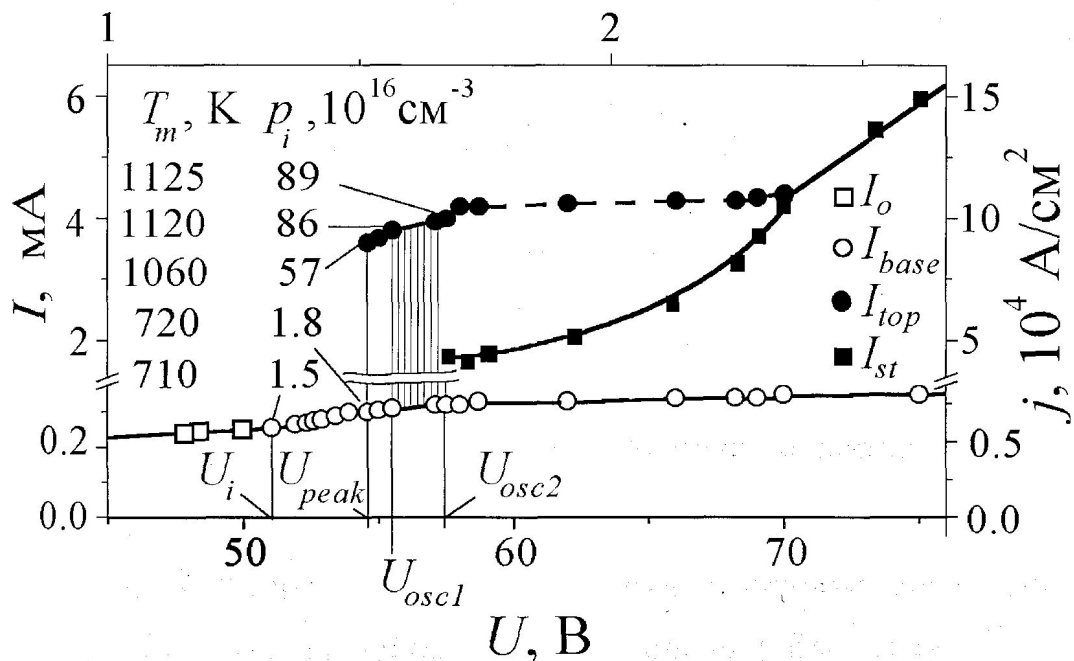


41 55,5 r 60

ВАХ КНИ структуры в режиме генератора импульсов напряжения



$U/a, 10^4 \text{ V/cm}$



Перераспределение электронно-дырочной плазмы b -дрейфом

Плотности токов электронов и дырок:

$$j_n = e\mu_n nE + kT\mu_n \frac{dn}{dx} \quad j_p = e\mu_p pE - kT\mu_p \frac{dp}{dx}$$

При условии $p \gg n - p$

$$j_p = \frac{j}{1+b} - eD_{amb} \frac{\partial p}{\partial x},$$

где $j = j_n + j_p$ - плотность тока, протекающего в образце;

$$b = \mu_n / \mu_p = b(x);$$

$$D_{amb} = 2(kT/e) \mu_n \mu_p / (\mu_n + \mu_p) - \text{коэффициент амбиполярной диффузии.}$$

Уравнение сохранения дырок:
$$\frac{\partial p}{\partial t} = -\frac{p - p_0}{\tau} - \frac{1}{e} \frac{\partial j_p}{\partial x},$$

p_0 - термодинамически равновесная концентрация дырок;

τ - время жизни электронно-дырочных пар.

$$\frac{\partial p}{\partial t} = g - \frac{p - p_0}{\tau} + \frac{\partial}{\partial x} \left(D_{amb} \frac{\partial p}{\partial x} \right), \quad \text{где} \quad g = \frac{1}{e(1+b)^2} j \frac{\partial b}{\partial x}$$

реком- диффузия
бинация

$$\mu_n \sim T^\alpha, \quad \mu_p \sim T^\beta, \quad \alpha \neq \beta, \quad \frac{\partial b}{\partial x} = (\alpha - \beta) \frac{b}{T} \frac{\partial T}{\partial x}, \quad g = \frac{\alpha - \beta}{e(1+b)^2} j \frac{b}{T} \frac{\partial T}{\partial x}$$

германий $\alpha - \beta > 0, \quad \text{при} \quad \frac{\partial T}{\partial x} < 0$

кремний $\alpha - \beta < 0, \quad \text{при} \quad \frac{\partial T}{\partial x} > 0$

Выводы

1. В пленках КНИ при питании их постоянным током обнаружено возникновение свечения в виде регулярно расположенных красных пятен. Предложено качественное объяснение эффекта самоорганизацией электронно-дырочной плазмы - возникновением термодиффузионных автосолитонов.
2. При питании КНИ структур прямоугольными импульсами напряжения наблюдались мощные осцилляции тока. Предложен механизм возникновения осцилляций. Показано, что они возникают вследствие совместного действия двух конкурирующих процессов: термической генерации электронно-дырочных пар при возрастании тока и уменьшении концентрации пар b -дрейфом при его уменьшении.

Дякую за увагу !